

Tecnologias para inovação na cultura da pimenteira-do-reino

desafios e oportunidades



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 442

Tecnologias para inovação na cultura da pimenteira-do-reino desafios e oportunidades

*Simone de Miranda Rodrigues
Oriol Filgueira de Lemos*

***Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2019***

Disponível no endereço eletrônico:
<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

Embrapa Amazônia Oriental
Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
CEP 66095-903 Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente
Bruno Giovany de Maria

Secretária-Executiva
Ana Vânia Carvalho Luciana Gatto Brito

Membros
Alfredo Kingo Oyama Homma, Alysson Roberto Baizi e Silva, Andréa Liliane Pereira da Silva, Luciana Gatto Brito, Michelliny Pinheiro de Matos Bentes, Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana, Patrícia de Paula Ledoux Ruy de Souza

Supervisão editorial
Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Revisão de texto e copidesque
Izabel Cristina Drulla Brandão

Normalização bibliográfica
Andréa Liliane Pereira da Silva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Tratamento de fotografia e editoração eletrônica
Vitor Trindade Lôbo

Foto da capa
Oriel Filgueira de Lemos

1ª edição
Publicação digitalizada (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Oriental

Rodrigues, Simone de Miranda.

Tecnologias para inovação na pimenteira-do-reino: desafios e oportunidades / Simone de Miranda Rodrigues, Oriel Filgueira de Lemos. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2019.

52 p. ; 16 cm x 22 cm. – (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 442).

1. Pimenta-do-reino. 2. *Piper nigrum*. 3. Tecnologia agrícola. 4. Difusão de tecnologia. 5. Agregação de valor. I. Lemos, Oriel Filgueira de. II. Título. III. Série.

CDD 21 ed. 633.84

Autores

Simone de Miranda Rodrigues

Bióloga, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

Oriel Filgueira de Lemos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

Apresentação

A cultura da pimenteira-do-reino no Brasil ocupa papel relevante no agronegócio nacional, principalmente nos estados do Pará e Espírito Santo, os maiores produtores e exportadores de pimenta-do-reino do País. A Embrapa tem desenvolvido pesquisas e gerado tecnologias direcionadas à aplicação de boas práticas agrícolas (BPA), com o propósito de aumentar a longevidade dos pimentais, produzir frutos em quantidade e qualidade com o mínimo de insumos e reduzir o uso de agroquímicos, tornando o sistema de produção viável economicamente com sustentabilidade.

Como estratégia de gestão em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), em 2018 a Embrapa criou o portfólio de pimenta-do-reino PiperMais, a fim de priorizar a indução, execução, desenvolvimento e avaliação das ações envolvidas com essa cadeia de produção na empresa. Além disso, o PiperMais contempla a promoção e o estabelecimento de parcerias, bem como estratégias de comunicação e transferência de tecnologia para o compartilhamento de conhecimentos e a divulgação com qualidade dos resultados e das pesquisas inseridas no portfólio. Após um ano, esse portfólio, associado a outros dois, passou a constituir o portfólio Diversificação e Nichos de Mercado.

A presente publicação tem como objetivo apresentar o perfil do antigo portfólio PiperMais dentro do novo portfólio: as principais linhas de pesquisa; as ações e situações de PD&I em pimenteira-do-reino na Embrapa; a constituição do grupo gestor e suas atribuições; e as principais demandas de pesquisa como

propulsoras da geração de tecnologias ao sistema de produção, de modo a facilitar a divulgação de informações sobre dificuldades e oportunidades em PD&I para a cadeia da pimenta-do-reino como subsídios à construção de novos métodos e direcionamento de ações para a cultura.

Adriano Venturieri

Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Oriental

Sumário

Introdução	09
Objetivo geral	11
Principais linhas de pesquisa do PiperMais	11
Formação do comitê gestor do portfólio	12
Histórico e situação de PD&I em pimenteira-do-reino	13
Sugestões de PD&I para a cadeia produtiva da pimenta-do-reino	28
Considerações finais	39
Referências	42
Anexo 1. Glossário	47

Introdução

Considerada a especiaria mais importante comercializada no mundo, a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) é amplamente utilizada como condimento na indústria alimentícia, na agroindustrialização e nas indústrias farmacêutica e cosmética, sendo os tipos pimenta-preta e pimenta-branca os principais produtos de exportação dessa cadeia produtiva.

No Brasil, a pimenteira-do-reino alcançou o cultivo comercial a partir de 1950 no Pará, por meio de imigrantes japoneses estabelecidos no estado, que viria a se tornar o principal produtor brasileiro, seguido do Espírito Santo. O cultivo da pimenteira-do-reino (pipericultura) está consolidado no País, onde é típico de agricultores familiares, com produto final voltado ao mercado externo. O Brasil configura-se como quarto maior produtor e exportador mundial; tudo que é produzido é comercializado devido à qualidade da pimenta-do-reino brasileira.

Entretanto, o mercado está cada vez mais exigente com a qualidade do produto, havendo a necessidade de incentivo à adoção de boas práticas para manutenção e elevação dessa qualidade associada ao aumento da produção, a exemplo de passar de 2,5 kg por planta para 3,5 kg por planta e de diminuir os riscos de contaminação de microrganismos e resíduos de agroquímicos no produto ofertado.

Dentre outros fatores que limitam a expansão do cultivo está a ocorrência de doenças, principalmente a fusariose causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis*. Após o aparecimento dessa doença nos pimentais, houve redução da área cultivada, queda nas taxas de exportação e perdas significativas à pipericultura nacional a partir da década de 1970, pois a fusariose causa a morte das plantas após o surgimento dos sintomas, caracterizados por amarelecimento e secamento dos ramos. Em consequência, o ciclo produtivo da pimenteira-do-reino reduziu de 15 anos para 6 anos, com reflexos na produção e redução de 10% das áreas cultivadas, o que correspondeu, na década de 1990, a uma perda de 5 milhões de dólares por ano.

A exportação dessa cultura proporcionou divisas ao Brasil de cerca de 200 milhões de dólares entre 2010 e 2011. O preço da pimenta-do-reino é controlado pelo mercado internacional, ocorrendo altas e baixas sazonais. Em 2016, por exemplo, o quilograma da pimenta-preta, elevado, chegou a R\$ 30,00. No mercado interno, a venda é sempre à vista, representando uma poupança para o agricultor, pois, além da liquidez, o produto pode ser estocado por alguns meses. Essa peculiaridade do produto é capaz de transformar a vida do agricultor pela lucratividade e empregabilidade no campo durante o cultivo e na época de colheita, além de proporcionar avanços sociais.

Devido à importância da pipericultura para o País, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) aprovou o PiperMais – um portfólio de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) focado no aumento da qualidade e produtividade da cultura da pimenta-do-reino, por meio da geração de tecnologias que promovam um sistema de produção sustentável e a agregação de valor ao produto (Figura 1).

Foto: Oriel Figueira de Lemos



Figura 1. Sistema de produção de pimenta-do-reino em tutor vivo de gliricídia.

No âmbito da Embrapa, portfólios são instrumentos para gestão de redes de projetos agrupados em grandes temas estratégicos definidos corporativamente. No caso do PiperMais, foi criado em 2013 com a denominação de “arranjo”, terminologia utilizada na época para designar um conjunto de projetos agrupados por afinidade. Em junho de 2018, passou de arranjo para portfólio PiperMais e, ao final do mesmo ano, com a remodelação dos instrumentos de gestão de pesquisa, o PiperMais foi incorporado ao portfólio Diversificação e Nichos de Mercado, passando a ter desafios de inovação específicos para a pimenteira-do-reino e comuns a outras cadeias produtivas inseridas no novo portfólio.

Ao final deste trabalho, apresentamos um glossário com os principais termos técnicos e científicos utilizados ao longo do texto para melhor esclarecimento (Anexo 1).

Objetivo geral

Esse instrumento de gestão foi concebido e estruturado a fim de gerar conhecimentos e tecnologias para aumentar a capacidade produtiva da pimenteira-do-reino por meio de ações científicas, cujas estratégias inovadoras são divulgadas em atividades de transferência e comunicação, com reflexos na produtividade, longevidade da cultura e qualidade do produto, e na sustentabilidade do sistema de produção.

Principais linhas de pesquisa do PiperMais

As ações de pesquisa envolvendo redes de projetos ligados à pimenteira-do-reino concentram-se em atividades de melhoramento genético, citogenética, cultura de tecidos, marcadores moleculares, biologia molecular, fitossanidade, nutrição de plantas, fitotecnia, socioeconomia e química. Quanto às atividades

de transferência de tecnologia, envolvem cursos, palestras, treinamentos e dias de campo direcionados às boas práticas agrícolas (BPA) para o aumento da produtividade e qualidade da pimenteira-do-reino.

Quantificar e qualificar a sustentabilidade do sistema de produção de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia requer estudos, alguns já em andamento, de avaliação de sequestro de carbono, fixação de nitrogênio, sistema de irrigação e adubação no sistema, além de impactos econômicos, sociais e ambientais da adoção desse sistema associados às boas práticas agrícolas. Outros estudos se direcionam à linha de pesquisa para avaliação da pimenteira-do-reino em sistemas agroflorestais (SAFs).

Formação do comitê gestor do portfólio

O Comitê Gestor do Portfólio (CGPort) foi criado em setembro de 2013, sob o escopo do arranjo (conjunto de projetos afins) denominado PiperMais – Geração de Conhecimentos e Tecnologias Sustentáveis para Aumentar a Capacidade Produtiva, Longevidade e Qualidade da Pimenta-do-Reino no Sistema de Cultivo, constituído inicialmente por dois membros da Embrapa e cinco membros externos.

Em junho de 2018, após uma reorganização na gestão de PD&I da Embrapa, o arranjo PiperMais passou para portfólio, tendo no comitê gestor, à época, Oriel Filgueira de Lemos (ponto focal do portfólio) e Simone de Miranda Rodrigues (secretária executiva), ambos pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA; Alessandra Rezende, professora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa); Michinori Konagano (ponto focal no município de Tomé-Açu, PA), produtor agrícola de reconhecida experiência em pimenteira-do-reino; e Fernando Antônio Albuquerque, produtor agrícola e viveirista produtor de mudas de pimenteira-do-reino no município de Castanhal. Essa composição permaneceu até o final do mesmo ano, quando o PiperMais deixou de existir isoladamente e foi incorporado ao portfólio Diversificação e Nichos de Mercado.

Histórico e situação de PD&I em pimenteira-do-reino

Originária da Índia, a pimenteira-do-reino foi introduzida no Brasil no século XVII. Passou a ser cultivada somente a partir de 1933, quando imigrantes japoneses introduziram a cultivar Kuching (no Brasil denominada Cingapura em alusão ao local de origem da aquisição das estacas para propagação vegetativa da planta), tornando a pimenta-do-reino um produto agrícola de alta expressão após a Segunda Guerra Mundial (Figura 2).



Foto: Oriel Figueira de Lemos

Figura 2. Sistema de produção de pimenteira-do-reino tradicional em tutor morto (estação de madeira).

As primeiras plantações comerciais surgiram no município paraense de Tomé-Açu, seguidas da expansão para outras localidades da região amazônica e demais estados brasileiros (Albuquerque; Condurú, 1971; Santana et al., 1995). O Brasil se tornou um dos maiores produtores e exportadores de pimenta-do-reino a partir da década de 1950, quando o elevado preço da pimenta-preta no mercado internacional promoveu a expansão da área cultivada, elevando a produção e a exportação no mercado mundial. Foi nessa época que a pimenta-do-reino começou a ser chamada de “diamante negro da Amazônia”.

Em função da alta taxa de exportação agrícola, a atividade agrícola envolvendo o cultivo da pimenteira-do-reino possui amplo papel na economia do agronegócio, principalmente do estado do Pará, cuja contribuição gira em torno de 85% da produção nacional. Entretanto, a produtividade desse estado foi ultrapassada pelas do Espírito Santo e Minas Gerais, devido às perdas provocadas por doenças, com destaques para as viroses (CMV e PYMoV), a murcha-amarela (*Fusarium oxysporum*) e, principalmente, a fusariose (*Fusarium solani* sp. *piperis*) (Duarte; Albuquerque, 1999; Peppertrade, 2009) (Figura 3). Culturalmente, essa última é considerada a doença que causa o maior dano aos pimentais, pois, além de culminar na morte rápida da planta após o aparecimento dos sintomas externos, é facilmente disseminada às demais plantas e às novas plantações por meio de mudas infectadas (Albuquerque; Duarte, 1991; Santana et al., 1995).



Figura 3. Principais problemas fitossanitários da cultura da pimenteira-do-reino: fusariose (A), (B), (C) e (D) e viroses (E) e (F).

Na Amazônia, as condições elevadas de temperatura e umidade favorecem ainda mais a esporulação dos patógenos. Estes, facilmente disseminados pelo vento, dizima rapidamente as plantas de pimenteira-do-reino em sistema de monocultivo, causando redução do ciclo produtivo. O risco de morte dos pimentais por fusariose obriga os pipericultores, anualmente, a expandirem as áreas da cultura, plantando novos pimentais com o propósito de garantir, no mínimo, a mesma faixa de produção anual. A geração de cultivares resistentes à doença fusariose seria a solução tecnológica, mas como a pimenteira-do-reino foi introduzida no Brasil a partir de um reduzido número de materiais genéticos e multiplicada de forma clonal, por estacas, a base genética da pimenteira-do-reino é estreita e os genótipos de *Piper nigrum* L. disponíveis para o programa de melhoramento no Brasil não apresentam genes de resistência, o que tem inviabilizado a obtenção de híbridos resistentes ao fungo (Albuquerque; Duarte, 1977; Homma, 1981; Duarte; Albuquerque, 1999).

No intuito de diminuir os danos provocados pela fusariose, a Embrapa Amazônia Oriental montou nos anos 1980 um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de pimenteira-do-reino, constituído por 35 genótipos de *Piper nigrum* L. provenientes de países orientais, principalmente da Índia, centro de origem da espécie, com vista a ampliar a variabilidade genética. Entretanto, a incidência de viroses nos materiais resultou na eliminação de grande parte dos acessos, os quais foram queimados visando à não disseminação dos vírus. Por outro lado, os ensaios de infectividade mostraram a ausência de resistência/tolerância ao patógeno das cultivares pertencentes ao BAG da Embrapa Amazônia Oriental, apesar de ser observada variação de nível de suscetibilidade entre os genótipos avaliados (Albuquerque et al., 1999a, 2001). Esses resultados direcionaram as pesquisas para o controle da doença envolvendo tratamentos culturais (Figura 4), controle químico e controle biológico, entretanto ainda não apresentam soluções definitivas contra a fusariose (Duarte; Albuquerque, 1980; Benchimol et al., 2000, 2006).

Fotos: Oriel Filgueira de Lemos



Figura 4. Cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia e cobertura do solo para controle da fusariose.

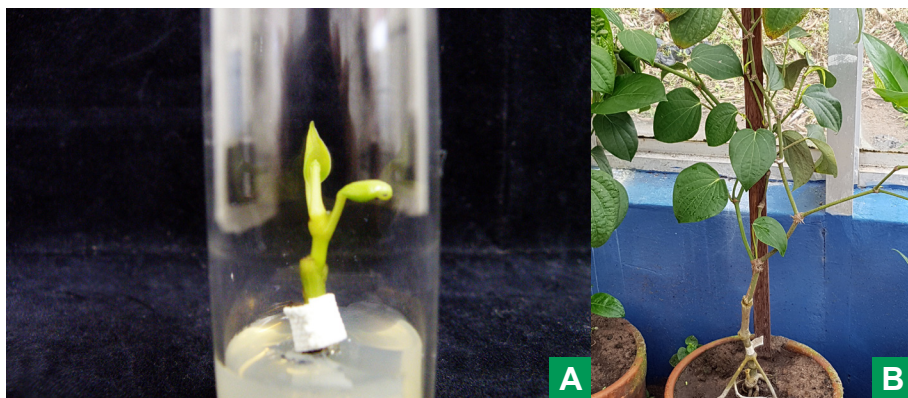
Ensaio de infecção para avaliar o comportamento de plantas de espécies de piperáceas da Amazônia indicaram que nove espécies apresentam tolerância ao patógeno, sugerindo incorporação dessas espécies em programas de melhoramento genético da pimenteira-do-reino (Albuquerque et al., 1998a; Duarte; Albuquerque, 1999). Desse modo, optou-se por ampliar a variabilidade genética da pimenteira-do-reino por meio de cruzamentos interespecíficos portadores de genes de resistência à fusariose (Schneider, 1972) utilizando polinizações controladas (Figura 5). Várias combinações de polinização artificial foram realizadas resultando em percentagem muito baixa de sobrevivência das plantas híbridas e suscetibilidade dos híbridos obtidos, após os testes de infecção (Poltronieri et al., 1998).

Fotos: Oriel Filgueira de Lemos



Figura 5. Hibridação por meio de polinização controlada.

Outra alternativa foi a obtenção de enxertos de pimenta-do-reino utilizando três espécies nativas como porta-enxerto. No entanto, as combinações de enxerto e porta-enxerto apresentaram reações de incompatibilidade tardia entre os sistemas vasculares das espécies, após 3 anos (Albuquerque et al., 1998a; Duarte; Albuquerque, 1999). Novas pesquisas com microenxertia e enxertia passaram a utilizar outras espécies de piperáceas nativas da Amazônia, diferentes dos estudos passados, como porta-enxerto (Figura 6).



Fotos: Simone Rodrigues (A), Oriel Lemos (B)

Figura 6. Microenxertia e enxertia de pimenteira-do-reino em *Piper divaricatum*.

Em associação a essas estratégias, optou-se por realizar pesquisas envolvendo técnicas biotecnológicas, por meio da utilização da cultura de tecidos, como alternativa aos programas de melhoramento genético. Dentre elas, obtiveram-se plantas de pimenteira-do-reino a partir de germinação e clonagem in vitro de ápices caulinares (Philip et al., 1992; Menezes, 1997; Lemos et al., 1998); a partir dos estudos com embriões somáticos (Figura 7) (Joseph et al., 1996; Nair; Dutta Gupta, 2003, 2006); e pelo uso de mutagênese in vitro para gerar variabilidade genética para essa espécie (Lemos, 2003). Os materiais genéticos obtidos via mutagênese in vitro apresentaram alguma resistência ao patógeno, mas também baixa produção, mostrando ser necessário aperfeiçoar esse método para ser usado como estratégia de uso no melhoramento.



Figura 7. Germinação in vitro e clonagem das plantas via micropropagação.

O programa de melhoramento genético da pimenteira-do-reino no Brasil, por meio de métodos convencionais para obtenção de genótipos com resistência ou tolerância à doença fusariose, tem apresentado pouco progresso. Poltronieri et al. (1997) obtiveram várias combinações de híbridos entre cultivares de *Piper nigrum* L., cujas plantas foram submetidas à inoculações artificiais para determinar os níveis de tolerância desses híbridos, mas não apresentaram tolerância à doença. Um programa de hibridação entre quatro parentais de pimenteira-do-reino, conduzido na Índia, deu origem ao primeiro híbrido cultivado comercialmente em nível mundial. A combinação entre as cultivares Uthirankotta x Taliparamba-1 (Cheriyakaniayakkadan) produziu 69 sementes, das quais 14 plantas F1 sobreviveram e uma delas apresentou comprimento de espiga médio de 10 cm com 82 flores por espiga e 82% de frutificação. Este híbrido foi multiplicado e apresentou desempenho superior em todas as características quando comparado às cultivares locais. Entre o início das hibridações ao lançamento do híbrido, denominado Panniyur-I, decorreram 13 anos (Nambiar et al., 1978).

A experiência indiana indicou a possibilidade da exploração de boas combinações gênicas, visando selecionar indivíduos potencialmente

superiores aos pais (vigor híbrido) para propagação e inclusão ao sistema de produção. Na Índia, a pimenteira-do-reino apresenta maior grau de variabilidade genética, o que orientou a escolha de parentais para os programas de melhoramento por hibridação com a divergência genética desejada. Mathew et al. (2001) estabeleceram dez grupos em 51 cultivares de *P. nigrum* a partir da análise de 27 caracteres morfológicos. Esta divergência genética entre os grupos ficou caracterizada quando analisaram o híbrido promissor obtido por hibridização entre as cultivares Uthirankotta e Cheriyananiyakkadan, as quais se encontravam em grupos distantes.

Estudos realizados por Poltronieri et al. (2000) evidenciaram que cruzamentos interespecíficos envolvendo *P. nigrum* e piperáceas nativas resistentes ao *F. solanif. sp. piperis* apresentaram dificuldades para a obtenção dos híbridos. Segundo informações concedidas pela pesquisadora Marli Poltronieri, da Embrapa Amazônia Oriental, os cruzamentos interespecíficos obtidos por ela apresentaram incompatibilidade em relação às combinações utilizadas: *P. nigrum* x *Piper attenuatum*; *P. nigrum* x *Piper colubrinum*; e *P. nigrum* x *Piper tuberculatum*. A combinação de *P. attenuatum* chegou a desenvolver o ovário até o estágio de 3 semanas, seguindo o abortamento de espigas. A combinação usando *P. tuberculatum* obteve 39 frutos, os quais foram germinados in vitro apresentando incompatibilidade tardia, e a combinação usando *P. colubrinum* obteve 8 frutos que não germinaram em condições laboratoriais na cultura de tecidos. Em 2014, os cruzamentos intraespecíficos resultaram na obtenção de 22 combinações híbridas, sendo selecionados apenas 2 híbridos – F1 Bento x Guajarina e F1 Apra x Guajarina – os quais devem ser levados a campo para avaliações agrônômicas (Figura 8).



Fotos: Simone Rodrigues

Figura 8. Espigas de pimenteira-do-reino: inflorescência (A); cobertura das espigas após fecundação manual (B); e início do desenvolvimento dos frutos na espiga (C).

A Embrapa Amazônia Oriental, trabalhando com materiais oriundos de polinização aberta, germinou in vitro sementes da cultivar Kuthiravally, as quais foram clonadas para obtenção de plântulas, seguido de cultivo e manejo em campo. Em 2004, foram selecionadas duas plantas de um mesmo clone com características agrônômicas desejáveis: arquitetura da planta aberta, entrenós longos, bom enchimento de espigas, maturação homogênea, facilidade de colheita, espigas médias e rendimento médio de 33% em relação às cultivares comerciais. Esse material, inicialmente conhecido por “clonada”, foi avaliado em três municípios do Pará (Igarapé-Açu, Tomé-Açu e Baião); em 2019 chegou à fase de finalização, sendo requeridas análises bioquímicas para teor de piperina. O novo material (ainda não lançado até a finalização do presente documento) enquadra-se como uma tecnologia para o incremento do sistema de produção de pimenta-do-reino (Figura 9).

Fotos: Simone Rodrigues

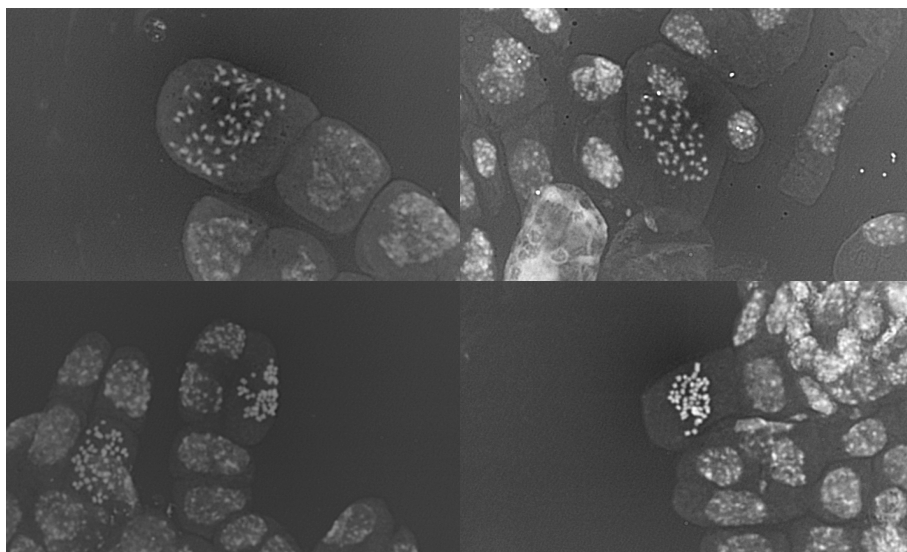


Figura 9. Planta de pimenteira-do-reino: cultivar obtida pela Embrapa, em plena fase de produção com 3 anos de cultivo no município de Baião, PA.

Outra dificuldade encontrada para o avanço do programa de melhoramento da espécie consiste na semelhança morfológica entre os materiais. A identificação dos acessos de pimenteira-do-reino do BAG da Embrapa Amazônia Oriental, das áreas de produtores e dos híbridos são importantes para o desenvolvimento de projetos de melhoramento genético da espécie, assim como para auxiliar agricultores e viveiristas. Para tal, marcadores microsatélites foram desenvolvidos por Menezes et al. (2009), mas não foram capazes de discriminar todas as cultivares comercialmente conhecidas no Brasil. Recentemente, Wu et al. (2016), trabalhando com 13 marcadores EST-SSR, classificaram 148 materiais de pimenteira-do-reino em 2 grupos genéticos, confirmando a origem genética dessa piperácea a partir de florestas da cordilheira dos Ghats Ocidentais, no sul da Índia.

Os microssatélites estão entre os marcadores moleculares mais utilizados atualmente, por apresentarem vantagens que os tornam mais adequados para estudos de populações, avaliação de material de banco de germoplasma e mapeamento, dentre outros. Esses marcadores são codominantes, pois mostram os dois alelos de um indivíduo heterozigoto; são neutros, por estarem em sequências que muitas vezes não são expressas, não sofrendo assim pressão de seleção; e se baseiam em PCR (Polymerase Chain Reaction). Estão distribuídos em todos os genomas, sendo abundantes em plantas e relativamente pequenos, o que facilita a genotipagem (Karsi et al., 2002).

Devido à incompatibilidade genética apresentada por híbridos de pimenteira-do-reino, sugeriram-se estudos citogenéticos para entender o processo e facilitar o direcionamento de programas de melhoramento genético da espécie (Figura 10). O trabalho realizado por Mathew (1974) na Índia, quanto ao número de cromossomos de variedades da espécie *P. nigrum*, apresentou uma variação de 52 cromossomos a 104 cromossomos: $2n=52$ para as variedades cultivadas (Aripadappan, Kuthiravally, Kumbhakodi, Kottanadan, Narayakodi e Karimunda) e $2n=52$ ou $2n=104$ para as variedades selvagens (6, das quais 2 com 104 cromossomos). Nesse sentido, há variações quanto ao número de cromossomos das espécies do gênero *Piper*.



Fotos: Lana Roberta Reis dos Santos

Figura 10. Estudos citogenéticos em plantas do gênero *Piper* para determinação do número de cromossomos e conteúdo de DNA.

Estudos anteriores indicaram, para a espécie *Piper subpeltatum*, número diplóide igual a 24 cromossomos (Johansen, 1931) e 24 cromossomos para *Piper chaba*, 24, 96 e 148 cromossomos para *Piper longum*, 28 cromossomos para *Piper geniculatum*, *Piper unguiculatum* e *Piper medim*, 32 e 64 cromossomos para *Piper betle*, 80 para *Piper ornatum*, 48 e 128 cromossomos para *P. nigrum* (Sharma; Bhattacharyya, 1959). Ademais, Dasgupta e Datta (1976) observaram 64 cromossomos para *P. betle*, 24 cromossomos para *Piper cubeba*, 48 cromossomos para *P. longum*, 24 cromossomos para *Piper magnificum*, 36 cromossomos para *P. nigrum* L. Agartala e 60 cromossomos para *P. nigrum* L. South Índia. É evidente que o número de cromossomos é muito variável nessa família e, embora cerca de 2 mil espécies sejam registradas, somente 64 espécies têm número de cromossomos relatado na literatura e ocorrem números múltiplos de 8, 11, 12, 13 e 14. Aproximadamente 47,3% das espécies de *Piper* têm $x=12$ e somente 19,04% têm $x=13$. Alteração no número de cromossomo em evolução parece muito natural no gênero *Piper*, por ocorrência de biótipos cromossômicos em muitas espécies, originados a partir de células aneussomáticas ou aneuploidia meiótica ou partenogênese (Dasgupta; Datta, 1976).

A Embrapa Amazônia Oriental analisou o conteúdo de DNA nuclear de 11 espécies do gênero *Piper* pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de piperáceas dessa instituição, sendo 4 cultivares de pimenteira-do-reino e 7 espécies de *Piper* nativas. O estudo mostrou que todos os genótipos apresentam diferenças em quantidade de DNA, confirmando a diferença entre cultivares de *P. nigrum*, e também grande variação na quantidade de DNA quando as cultivares de pimenteira-do-reino são comparadas às piperáceas da Amazônia (Santos et al., 2014, 2015). Outro estudo de citogenética realizado por Santos (2017) com algumas cultivares de pimenteira-do-reino e *Piper* nativas identificou diferenças cromossômicas entre cultivares de pimenteira-do-reino e espécies de piperáceas da Amazônia, assim como semelhanças de haploidia, evidenciando a possibilidade do sucesso de cruzamento entre distintos materiais genéticos (Santos, 2017). Entretanto, mostrou-se necessário continuar as avaliações para verificar a constituição cromossômica de outras piperáceas e de híbridos obtidos no programa de melhoramento, visando a novos cruzamentos.

Alternativamente, estudos envolvendo biologia molecular para a identificação e o entendimento de doenças em pimenteira-do-reino, como subsídios para estabelecer alternativas de manejo ou controle, foram realizados a partir de 2012. Com relação ao *F. solani* f. sp. *piperis*, foram realizados trabalhos de verificação do transcriptoma da pimenteira-do-reino cultivada em casa de vegetação e sob condições de infecção com o fungo, a fim de verificar o conjunto de genes expressos durante o processo. Durante a infecção foram identificados transcritos fúngicos que codificam proteínas constitutivas e proteínas envolvidas na virulência e conídios, enquanto que os transcritos da pimenteira-do-reino identificaram genes envolvidos na proteólise, degradação plastidial, remodelamento da parede celular e metabolismo secundário, envolvidos na toxicidade e interações fúngicas necrotróficas, além do conjunto de genes que tiveram sua expressão modificada quantitativamente, indicando genes-alvo para a obtenção de resistência em pimenteira-do-reino. Outrossim, na condição de grupo de controle, foram identificados 52% de homologia com proteínas de *Arabidopsis* e microssatélites que poderão ser usados em estudos de diversidade genética da espécie (Gordo et al., 2012; Moreira et al., 2017).

Pesquisas complementares têm buscado novas alternativas para o controle do *Fusarium* utilizando espécies de Piper na Amazônia brasileira resistentes a doenças. Silva et al. (2014) mostraram que o óleo de *Piper divaricatum* constituído, principalmente de compostos químicos como o metileugenol (75%) e o eugenol (10%), exibiu forte índice antifúngico contra *F. solani* f. sp. *piperis*. Também, foi sugerida uma incompatibilidade na interação planta-patógeno e o envolvimento de vários compostos de *P. divaricatum* no mecanismo de resistência (Meireles et al., 2016). Em outro estudo, plantas de *P. nigrum* foram inoculadas com esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e após 4 meses obtiveram-se óleos essenciais e extratos de folhas e raízes. Observaram-se alterações químicas nos extratos das folhas, diferentemente da raiz, onde óleos e extratos permaneceram praticamente inalterados, sugerindo que o FMA induz resposta sistêmica em *P. nigrum*, afetando principalmente as folhas (Luz et al., 2016). Luz et al. (2017) monitoraram por 45 dias as cultivares Bragantina e Cingapura de pimenteira-do-reino cultivadas com *F. solani* f. sp. *piperis* para avaliação de compostos químicos utilizando Cromatografia Gasosa – Espectrometria de Massa (GC – MS) dos concentrados voláteis das plantas, mostrando variação qualitativa

de alcanos durante a infecção e indicando uma possível relação entre metabólitos secundários e tolerância contra fitopatógenos.

Com relação às viroses que afetam a pimenteira-do-reino foram relatados os vírus *Cucumber mosaic virus* (CMV), gênero *Cucumovirus*, pertencente à família Bromoviridae, e *Piper yellow mottle virus* (PYMoV), gênero *Badnavirus*, da família *Caulimoviridae*, em genótipos de pimenteira-do-reino em diversos municípios do Pará e outros estados, como Minas Gerais, Espírito Santo e Amazonas. São vírus que causam deformação foliar, sintomas de mosqueado, mosaico, clareamento das nervuras, manchas cloróticas e redução da produção de frutos, comprometendo a produção de mudas de qualidade (Figura 11) (Albuquerque et al., 1999b; Briosso et al., 2000; Duarte et al., 2000; Boari et al., 2009; Oliveira et al., 2010).

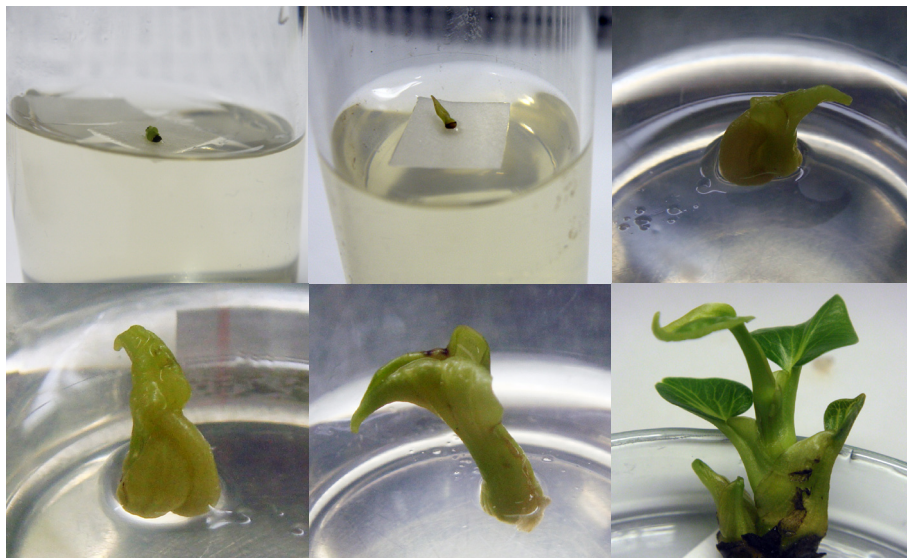
Fotos: Simone Rodrigues



Figura 11. Sintomas de viroses em pimenteira-do-reino.

Segundo Boari (2008), no BAG de pimenteira-do-reino da Embrapa Amazônia Oriental, avaliado para presença de viroses, foi identificado pelo menos um tipo de vírus em cada material estudado, indicando que há germoplasma de pimenteira-do-reino resistente aos vírus na coleção. Algumas cultivares são assintomáticas, como a Bragantina, entretanto, na maioria dos materiais os sintomas são visíveis, como é o caso da Apra, Kuthiravally e Cingapura. Segundo Duarte et al. (2000), a transmissão dos vírus ocorre por enxertia, cochonilha, material propagativo, por meio de poda e por sementes, o que dificulta a obtenção de materiais livres dos vírus e facilita a propagação dos mesmos.

Em decorrência dos problemas virais, começou a ser estabelecido um protocolo de limpeza clonal utilizando meristema apical para cultivares de pimenteira-do-reino (Figura 12). Dessa forma, a partir do cultivo de meristemas *in vitro*, foi possível obter plantas livres de vírus da cultivar Kuthiravally e também da cultivar em vias de ser lançada pela Embrapa, conhecida por “clonada” (Leite, 2015; Mendonça et al., 2017; Ramos, 2017). Como as cultivares são diferentes entre si, há necessidade de desenvolver um protocolo específico para cada material em razão da particularidade dos genótipos.



Fotos: Oriel Figueira de Lemos

Figura 12. Regeneração de plantas de pimenteira-do-reino livre de vírus a partir do cultivo de meristema.

Todos os materiais genéticos encontrados no Pará e Espírito Santo apresentaram os sintomas da doença, caracterizados por exibirem folhas pequenas, afinadas e com manchas cloróticas, espigas pequenas e com falhas, que comprometem a produção. Uma das cultivares mais afetadas por vírus é a Cingapura, que apresenta grãos de tamanho médio, pesados e com o maior teor de piperina. Apesar de considerada bastante adequada para exportação, os trabalhadores de campo evitam colher os frutos da Cingapura devido às dificuldades na colheita, que resulta em baixo peso de espigas por pé da planta e, culturalmente, o agricultor paga por quilograma de fruto colhido.

A pimenteira-do-reino, tradicionalmente, é cultivada em estaca obtida a partir de madeira de lei, o que eleva os custos de implantação de novos pimentais e causa prejuízo ao meio ambiente. Em consequência, a Embrapa Amazônia Oriental identificou uma alternativa para o sistema de produção: cultivar em tutor vivo de *Gliricidia sepium* L., uma tecnologia viável e sustentável para a pipericultura no Pará (Menezes et al., 2013). Essa tecnologia apresenta a vantagem de reduzir os custos de implantação, já que o agricultor só precisa comprar a estaca uma única vez e a cada ano pode obter novas estacas para os próximos plantios por meio das podas. A gliricídia também melhora a estrutura e a diversidade biológica do solo, além de promover conforto ambiental aos trabalhadores no campo. Mesmo assim, essa tecnologia está em fase de expansão de adoção, pois necessita de manejo das plantas de gliricídia e estratégias mais adequadas para incentivar a adoção (Kato et al., 1997). Um estudo realizado por Rodrigues et al. (2017) mostrou diferenças no comportamento entre cultivares de pimenteira-do-reino cultivadas em gliricídia, as quais apresentaram redução na produção das plantas por pé nos 2 primeiros anos de cultivo, indicando a necessidade de adequação nutricional para o cultivo nesse tutor. Pesquisas complementares são necessárias, visto que a gliricídia traz ganhos à pimenteira-do-reino quanto à longevidade das plantas no campo, podendo compensar as perdas no início da produção (Figura 13) (Menezes et al., 2013).

Fotos: Oriel Lemos



Figura 13. Sistema de produção de pimenta-do-reino em tutor vivo de gliricídia.

Dez tecnologias foram reunidas e lançadas pela Embrapa Amazônia Oriental em 2014 como um conjunto de boas práticas agrícolas recomendadas para aumentar a produtividade e a qualidade da pimenteira-do-reino no estado do Pará. Essas tecnologias foram previamente divulgadas em 2012, quando ocorreu o evento inicial de socialização das informações com extensionistas da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (Emater-PA).

As boas práticas recomendadas são: produção de mudas; cultivares; área de plantio, calagem e adubação; tutor vivo de gliricídia; doenças causadas por fungos; controle da fusariose com nim indiano; viroses; insetos associados ao cultivo da pimenteira-do-reino; colheita e beneficiamento; pós-colheita e armazenamento (Lemos et al., 2014). Essas práticas passaram a ser apresentadas e utilizadas em conjunto para treinar extensionistas, técnicos, produtores familiares, professores e alunos em municípios do Pará, como Bragança, Capitão Poço, Igarapé-Açu, Castanhal, Baião, Santarém e Tomé-Açu. Constatou-se a necessidade de expansão dos treinamentos, diante da reação bastante positiva do público envolvido e também do grande interesse de diversos outros municípios, manifestado por intermédio de associações de produtores, técnicos extensionistas, agricultores e prefeituras locais (Figura 14).



Fotos: Simone Rodrigues (acima); João Both (abaixo)

Figura 14. Transferência de tecnologia por meio da realização de cursos e dias de campo.

Sugestões de PD&I para a cadeia produtiva da pimenta-do-reino

Considerada a especiaria mais produzida e consumida no mundo, a pimenta-do-reino produzida no Brasil se destaca internacionalmente devido à qualidade do produto ofertado, fixando o País como o quarto maior produtor mundial, sendo o Pará o maior produtor nacional. O Brasil produziu em 2016 mais de 54 mil toneladas anuais, em cerca de 26 mil hectares de área plantada, cujo valor da produção ultrapassou R\$ 1, 2 bilhão (IBGE..., 2017).

Devido a essa importância econômica, a Embrapa criou um portfólio focado em ações de pesquisa e transferência de tecnologia para cultivo sustentável da pimenteira-do-reino, o PiperMais. Em 29 de junho de 2018 foi realizado o workshop *Pesquisa e inovação para o cultivo sustentável da pimenteira-do-reino no Brasil*, visando discutir o cenário da cultura, a demanda no campo, gargalos, soluções, pesquisas em andamento, as ações de transferência de tecnologia realizadas desde 2012 e seus impactos na vida diária do agricultor, a fim de possibilitar ajustes e novas oportunidades de PD&I dentro do portfólio PiperMais.

O workshop contou com a participação da equipe técnica vinculada ao portfólio de pimenta-do-reino e foi realizado pelo comitê gestor do portfólio, então constituído de cinco membros, sendo dois pesquisadores da Embrapa, Oriel Filgueira de Lemos (ponto focal da equipe de pimenteira-do-reino) e Simone de Miranda Rodrigues (secretária executiva); uma professora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Alessandra Rezende Ramos; e dois membros do setor produtivo da cadeia da pimenta-do-reino: Fernando Antônio Albuquerque, viveiro Pró-Mudas, empresa de Castanhal, e Michinori Konagano, representante do grupo de produtores organizados na Cooperativa Agropecuária Mista de Tomé-Açu (Camta), sediada em Tomé-Açu, de reconhecida atuação socioeconômica na região.

No evento, a importância da cultura para o estado do Pará e para o País foi destacada por representante da gestão da Embrapa Amazônia Oriental, pesquisador Edilson Brasil. Ele enfatizou o cenário de mudanças pelas quais a Embrapa estava passando, cujos impactos afetam diretamente as demandas de pesquisa da empresa; também destacou a participação do setor produtivo

nesse processo de discussão e ajustes como sendo de grande importância para o direcionamento das ações futuras de pesquisa e transferência de tecnologia, da mesma forma como é importante a visão do setor acadêmico, considerado um parceiro na geração de conhecimentos e tecnologias capaz de contribuir na obtenção de resultados, tornando a estrutura de atuação em PD&I mais dinâmica, com análise crítica dos resultados da pesquisa e ações para promover melhorias concretas no campo. A ideia de reformulação do comitê gestor associada a uma discussão com os demais membros da equipe do portfólio foi apontada como possibilidade de indicação de priorização de ações de pesquisa na Embrapa, promoção de articulação com parceiros externos e a inserção de linhas de pesquisas complementares, focando em resultados concretos e alterações necessárias para o alcance de metas dentro da empresa.

Na sequência da programação do workshop, o pesquisador Oriel Filgueira de Lemos (ponto focal do portfólio) falou sobre a atuação do comitê, cujos membros, na época, tinham mandato de dois anos, com renovação de pelo menos um terço de seus membros após esse tempo, mediante a indicação e supervisão do diretor-executivo de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa. O pesquisador destacou pesquisas e inovações em pimenteira-do-reino priorizadas pela Embrapa, focando no melhoramento genético da espécie, envolvendo cruzamentos intra e interespecíficos, biologia molecular, clonagem *in vitro* e lançamento de novas cultivares. Com relação às cultivares, citou a existência de oito cultivares comerciais no País e de uma nova, prevista para ser lançada pela Embrapa em 2010.

O pesquisador também citou a necessidade de identificação de materiais genéticos distintos desses nove materiais no município de Tomé-Açu ainda não caracterizados pela Embrapa e que poderiam ser adquiridos para estudos futuros de produção e comportamento frente a patógenos. Historicamente, esses materiais podem ser remanescentes de materiais introduzidos por imigrantes japoneses na década de 1930 no Pará ou originados de sementes, em que plantas sobreviventes em áreas de cultivos decadentes com boas características poderiam ter sido selecionadas e multiplicadas por agricultores. Arelada a esses estudos, enfatizou-se a necessidade de identificar genes de interesse e o padrão genético utilizando marcadores moleculares de cada cultivar, para facilitar o progresso do programa de melhoramento genético da espécie e a identificação de materiais genéticos no campo.

A respeito de pragas e doenças, no workshop revelou-se a identificação de mais um vírus (o terceiro até então) nas plantas de pimenteira-do-reino. Citou-se a necessidade de adequação dos métodos para identificação de viroses nas plantas, a obtenção de protocolo de limpeza clonal para a cultivar Kuthiravally e a necessidade de adequação do protocolo para limpeza clonal das demais cultivares de pimenteira-do-reino, levando-se em consideração que, até aquela data, não se havia identificado material genético de pimenta-do-reino livre de vírus. Também foi comentada a possibilidade de se realizar estudos com *Tricoderma* (fungo) visando ao uso para o crescimento e a multiplicação de plantas, em parceria com produtor, e o uso de extratos naturais para controle biológico. Sobre o manejo da cultura e práticas agrícolas, citou-se a necessidade do estabelecimento de um sistema de adubação e irrigação para o cultivo da pimenteira-do-reino em gliricídia (tutor vivo), além de estratégias para cobertura do solo utilizando nim, piperáceas nativas ou braquiária (Figura 15).

Fotos: Simone Rodrigues



Figura 15. Planta de nim indiano (*Azadirachta indica*) e matéria orgânica obtida de folhas secas da planta.

Para subsidiar o sistema de produção da pimenta-do-reino com o uso do tutor vivo de gliricídia quanto à sustentabilidade do cultivo, há necessidade de pesquisas visando quantificar o sequestro de carbono, fixação de nitrogênio e impactos econômicos, sociais e ambientais. Dentre os fatores que contribuem para a sustentabilidade, destaca-se o preço reduzido da estaca de gliricídia (R\$ 2,50 em 2018) em comparação ao estacão (R\$ 15,00 em 2018), cuja

aquisição é limitada pela legislação relacionada à obtenção de madeira de lei, em contraste com a facilidade de multiplicação das estacas de gliricídia pelo agricultor familiar. Outra vantagem se nota durante o manejo do tutor, que possibilita o uso de ramos do tutor como biomassa para a cobertura morta ao redor das plantas da pimenteira (Figura 16). Citou-se ainda a dificuldade de obtenção do financiamento bancário para a implantação da cultura devido ao histórico de perdas da pimenteira-do-reino por doenças e, também, a necessidade de viabilizar estudos econômicos.



Fotos: Simone Rodrigues

Figura 16. Manejo da gliricídia com aproveitamento da biomassa no solo.

A qualidade da pimenta-do-reino obtida também foi enfocada no workshop, considerando as exigências do mercado europeu e norte-americano quanto ao aroma e sabor, além do monitoramento de contaminantes dos grãos ofertados, que estão diretamente associados aos métodos de secagem, práticas de colheita e pós-colheita e ao sistema de produção adotado (Figura 17). Ademais, destacou-se a necessidade de caracterização físico-química das cultivares com elevado teor de piperina, por ser a preferência do mercado.

As ações de transferência de tecnologia e comunicação realizadas pela Embrapa foram enfatizadas no workshop, citando-se a instalação de Unidades de Aprendizado Tecnológico (UAT) em municípios do Pará, como Baião, Igarapé-Açu, Tomé-Açu, Capitão Poço, Castanhal e Bragança, bem como a realização de cursos, palestras e dias de campo. Salientou-se o fato de outros municípios continuamente manifestarem interesse na realização de cursos e dias de campo, bem como a instalação de UAT, devido à importância da cultura para o Pará.

Fotos: Ronaldo Rosa



Figura 17. Colheita, beneficiamento e armazenamento da pimenta-do-reino.

A comunicação planejada no âmbito do portfólio PiperMais fortaleceu as ações de transferência de tecnologia por meio da produção de programas de rádio da Embrapa (Prosa Rural), fotografias e vídeos sobre as tecnologias e boas práticas agrícolas recomendadas. Conteúdo jornalístico foi veiculado na imprensa escrita, internet, TV e rádio (entrevistas, reportagens, notícias e notas). O fortalecimento das ações ocorreu também por intermédio de parcerias institucionais estabelecidas com empresas privadas, grupos sociais organizados, órgãos estaduais e federais, prefeituras municipais e produtores (Figura 18).



Figura 18. Ação de transferência de tecnologia: dia de campo em Baião, PA.

O viveirista e produtor Fernando Antônio Albuquerque enfatizou a importância das pesquisas com a pimenteira-do-reino, porém comentou que muitos produtores ainda são descrentes em pesquisa de modo geral. Ele salientou que, nos anos 1970, era praticamente “fatal” e comprometedor cultivar pimenteira-do-reino, mas, graças ao início dos estudos pela Embrapa para identificação do patógeno (*Fusarium solani* f. sp. *piperis*) atrelados às estratégias de manejo, foi possível continuar o cultivo da espécie. Relatou que há produtores empobrecendo por falta de experiência e conhecimento. Lembrou que em 2018, com a baixa produtividade da pimenteira-do-reino e o baixo preço do produto, não estava compensando produzir pimenta-do-reino. Segundo ele, para que essa espécie se sustente, é imprescindível aumentar a longevidade da cultura no campo, aumentar a produtividade e reduzir os custos. Entretanto, sobre o uso da gliricídia como tutor vivo, citou

uma possível limitação ao grande produtor de pimenta-do-reino: como o sistema requer manejo da planta (tutor) com podas, isso exige contratação de mão de obra no campo além das práticas agrícolas de adubação, colheita e beneficiamento, encarecendo assim os custos de produção. Devido a isso, na visão do viveirista, o sistema de cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo seria mais adequado ao agricultor familiar.

Para o viveirista, o uso do tutor vivo de gliricídia, além de realmente não causar risco ao meio ambiente, evita a derrubada de árvores necessárias para implantação do sistema de produção em tutor morto (estação). Estima-se que, para cada hectare em estação, seja necessário derrubar 20 plantas de madeira de lei para implantação de 1 ha de pimenteira-do-reino, considerando 2.500 plantas. Por outro lado, citou que o tutor morto de eucalipto, usado no estado do Espírito Santo, seria mais adequado ao grande produtor pela sua praticidade, mas com restrição quanto ao tratamento químico dado às estacas, já que isso pode resultar em alteração do sabor da pimenta em consequência do uso de compostos químicos que passariam do tutor (eucalipto) para os grãos, causando restrição do mercado europeu ao produto.

Como produtor de mudas certificadas, o viveirista considera imprescindíveis as pesquisas envolvendo doenças, principalmente fusariose e viroses. Ele observa que os danos provocados por viroses são mais importantes do que o ocasionado pelo fungo *F. solani* f. sp. *piperis*, pois comprometem o desenvolvimento vegetativo dos materiais cultivados e, conseqüentemente, a produção de mudas sadias por clonagem a partir de estacas de plantas infectadas, comprometendo também o tamanho e enchimento das espigas. O *Fusarium* ocasiona a morte completa das plantas após estas começarem a evidenciar os sintomas da doença, mas há boas práticas que permitem produzir em áreas de ocorrência. Como exemplo dos danos das viroses, o viveirista retratou o que vem ocorrendo com a cultivar Cingapura, cada vez menos adotada pelos agricultores, apesar de ser a cultivar que apresenta o maior teor de piperina, com os frutos mais pesados e ideais para a produção de pimenta-branca. Nas plantas dessa cultivar infectadas por vírus as espigas são consideravelmente pequenas e falhas, resultando na recusa dos trabalhadores de campo em colherem esse material, uma vez que são pagos por produção em quilograma de material colhido. A cultivar Cingapura

é um material que apresenta elevada carga viral e tem provocado a perda de pimentais com plantas pouco desenvolvidas e mais suscetíveis à estiagem.

De acordo com o viveirista, a ocorrência de nematoides tornou-se um problema na cultura da pimenteira-do-reino, algo que não ocorria no passado. Detectados em alguns pimentais, passaram a comprometer a qualidade das mudas produzidas. Antigamente, conforme relato do produtor, na estação chuvosa (inverno) no Pará, a chuva intensa auxiliava no controle dos nematoides no campo sendo que, em contrapartida, a temperatura mais elevada favorece a multiplicação de nematoides. Ele também lembrou que houve introdução no Pará de mudas infestadas com nematoides por produtores provenientes do Espírito Santo nos anos de 2014 e 2015, quando o preço do quilograma da pimenta-preta chegou a R\$ 30,00 e o da pimenta-branca a R\$ 50,00.

Como viveirista, Fernando Albuquerque declarou ter bastante interesse nos estudos com viroses. Contou que possui parceria com a Embrapa, costuma colaborar e até financiar estudos nessa área. Como produtor, os grandes objetivos dele são obter cultivares que apresentem cachos cheios, compridos e com frutos pesados; plantas que produzam 5 kg de pimenta-preta por pé; e aumento do preço da pimenta para venda e exportação.

O produtor de pimenta-do-reino Michinori Konagano, que na ocasião da realização do workshop era também presidente da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé Açu (Camta), relatou ter observado falhas na polinização da pimenteira-do-reino, acreditando que isso se deve à ocorrência de muito vento na região de Tomé Açu no período de 7h até 16h. Para contornar essa situação, ele sugeriu o uso de barreira florestal como quebra-vento e o uso de nim também como cobertura morta, neste caso em experimentação, pois destacou ser preciso verificar o comportamento com a pimenteira-do-reino, haja vista que o nim favorece o aparecimento de outra doença, a queima do fio, causada pelo fungo *Koleroga noxia* (Figura 19).

Fotos: Simone Rodrigues



Figura 19. Evidências de plantas adultas de pimenteira-do-reino com queima do fio.

Michinori Konagano informou que, em Tomé-Açu, o Banco da Amazônia só financia pimenta-do-reino se estiver em sistema agroflorestal (SAF). Em vista disso, reforçou a necessidade de serem feitas mais pesquisas que indiquem mais culturas para uso em SAF. O produtor sugeriu o uso de maracujá ou mamão nos 2 primeiros anos e plantio de cupuaçuzeiro, cacauzeiro, açaizeiro e outras fruteiras nos anos posteriores. Na visão do produtor, os SAFs, além de evitarem o monocultivo na região, podem funcionar para redução dos ventos nas espigas e a consequente diminuição da ocorrência de espigas “banguelas”, assim chamadas as que apresentam falhas (Figura 20).

Fotos: Simone Rodrigues



Figura 20. Ocorrência de espigas “banguelas” em pimenteira-do-reino em decorrência de viroses.

A perda de mercado consumidor devido à questão de sabor foi outro ponto abordado. Michinori Konagano ressaltou que o uso da pimenta-do-reino é algo cultural, de acordo com cada país. Segundo ele, no Japão, por exemplo, já se paga pelo sabor, sendo comum encontrar pimenta-do-reino na mesa dos restaurantes para degustação durante as refeições. Essa realidade leva o produtor a acreditar que o sabor diferenciado será característica para agregação de valor e o produto com essa característica poderá ter um preço distinto por ser usado diretamente na mesa de restaurantes como em países europeus, além de em perfumaria, cosméticos, medicina e agroindústria de alimentos. Portanto, a qualidade da pimenta-do-reino é fundamental. A identificação de carregamento de produto contaminado com *Salmonella*, grãos com baixo teor de piperina e a secagem da pimenta em forno com fogo direto, como realizada no Espírito Santo, são fatores que diminuem a qualidade do produto e o desvalorizam no mercado internacional, onde ofereceriam menor preço à pimenta brasileira. No caso do Espírito Santo, que tem como principal cultivar a Bragantina, com relativamente menores níveis de piperina, os produtores são obrigados a introduzir mais pimenta-do-reino para compensar a quantidade de piperina desejada em misturas usadas pelas indústrias.

Pelo fato de os principais países exportadores de pimenta-do-reino serem asiáticos, outro assunto abordado foram os custos de produção nesses países, como na Índia e Indonésia, associados às questões trabalhistas, permissão para uso de trabalho infantil e legislação permissiva. Para a cultura no Brasil se tornar mais sustentável e competitiva, foi reforçada a importância de se investir em longevidade, quantidade e qualidade da pimenta-do-reino produzida no País. No Japão, mesmo com a reduzida área para plantio, Konagano analisa que os problemas com doenças são menores porque, segundo ele, os agricultores são muito organizados e existe um controle de pragas e doenças específico para cada área; investe-se em receituário de cultivo para cada área, de acordo com a demanda; e usa-se muito a compostagem com casca de coco importada das Filipinas, arroz carbonizado e até mesmo importação de terra para produção de substratos ideais.

Para aproveitar a experiência de cultivo do Japão, o produtor Michinori Konagano sugeriu colaboração com a Agência de Cooperação Internacional do Japão (Jica) visando compartilhar estratégias de pesquisa utilizadas naquele

país que poderiam ser benéficas também no Brasil. Em termos de adubação, foi enfatizado o uso de materiais orgânicos bem fermentados, compostagem, em detrimento do uso de adubo químico, que é muito forte e caro, de modo a reduzir a necessidade de serem utilizadas grandes quantidades de nutrientes (NPK). Para melhor aproveitamento dos nutrientes, destacou-se a necessidade de orientar os pequenos agricultores sobre a exigência de calagem em determinadas regiões. Citaram-se as particularidades dos municípios, como em Tomé-Açu, onde o problema de encharcamento no solo leva à indicação de se levantar canteiro e fazer dreno como prática agrícola para o cultivo da pimenteira-do-reino, diferentemente do que acontece em Castanhal e Igarapé-Açu, evidenciando assim a diferença de recomendação para implantação dos pimentais de acordo com o solo dos municípios.

Questionou-se o empobrecimento do agricultor e a necessidade cada vez maior de gente no campo, pois, como lembrou o produtor, os filhos de agricultores procuram sempre melhoria de vida e mesmo no campo, investe-se na mecanização e avanços no padrão de vida. A produtividade da pimenteira-do-reino tem sido afetada por fatores climáticos, como a falta de regularidade de chuvas, pela incidência de doenças e por manejo e práticas culturais inadequados. Dessa forma, a irrigação é uma solução tecnológica, mas, como foi ressaltado, a instalação e manutenção são onerosas para o produtor, não compensando em muitos casos, principalmente pela pouca experiência dos produtores no uso dessa técnica.

Sugeriu-se o envolvimento do produtor desde o início da instalação de UATs da Embrapa, para que ele mesmo possa contar a história de sucesso com o tempo, e não porque é uma vitrine da Embrapa. Assim, o agricultor ganha experiência, multiplica conhecimento e participa de todo o processo, desde a implantação e condução da área até a colheita e beneficiamento do produto. Foi lembrado que a pimenta-do-reino é um produto inelástico (demanda não se altera se preço e oferta variarem), com liquidez, venda rápida e à vista, sendo encarada por muitos agricultores como uma poupança, já que o dinheiro é imediato e ainda oferece oportunidade de melhoria no padrão de vida no campo.

A professora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) Alessandra Rezende relatou as pesquisas em andamento com espécies de *Piper* da Amazônia, baseadas nas pesquisas realizadas pela Embrapa que

mostraram a resistência de algumas espécies ao *Fusarium solani*, causador da fusariose em pimenteira-do-reino. A professora relatou que, após realização de *screening* usando óleo de diversas espécies de *Piper*, uma espécie foi selecionada por apresentar resultados interessantes in vitro, exigindo apenas 1 mg/ml, tendo sido identificados dois compostos químicos que mostraram eficiência no controle do *Fusarium*. Os trabalhos avançaram e as mudas infectadas em casa de vegetação não apresentaram doença após vários meses de infecção, diferentemente do apresentado pelas plantas do grupo de controle, de modo que foi sugerido o uso da planta como biofungicida para avaliar o controle da doença no campo.

Outros estudos em andamento, focados em enxertia de pimenteira-do-reino, indicaram sucesso progressivo de pegamento entre os materiais. Entretanto, há necessidade de acompanhamento dos enxertos por tempo maior que 3 anos e repetir os ensaios de infecção para verificar o sucesso dessa estratégia metodológica. Também tem sido estudado o estabelecimento de protocolos de propagação in vitro para algumas dessas espécies de piperáceas, além de pesquisas em andamento com DNA Barcode, análise de expressão de piperáceas com *F. solani* e prospecção de genes de PRs (proteínas relacionadas à patogênese). Considerando os resultados positivos de *Piper aduncum* com FMA, esses poderão ser utilizados em plantas de pimenteira-do-reino no intuito de evitar disseminação da fusariose por *F. solani*. Ademais, se observou que a cultivar de pimenteira-do-reino que possui maior tolerância à fusariose apresenta um perfil químico diferenciado de cultivar mais susceptível, sendo interessante ampliar esses estudos, focando no controle da doença e redução de perdas no campo.

Considerações finais

Após análise do cenário da pipericultura, concluiu-se que as prioridades de pesquisa com pimenteira-do-reino devem estar relacionadas à geração de soluções tecnológicas para aumentar a produção com sustentabilidade dessa cadeia produtiva, destacando-se:

- 1) Uso de espécies de piperáceas nativas como cobertura morta, visto que apresentam níveis variados de resistência ao *Fusarium solani*

f. sp. *piperis*; e também outras espécies vegetais, como *Brachiaria*, *Eleusine coracana*, etc.

- 2) Priorizar estudos com *Trichoderma* spp., visando ao desenvolvimento e crescimento de plantas em fase de muda e campo, como alternativa de controle biológico de pragas e doenças e auxílio no crescimento das plantas.
- 3) Estabelecer processo de irrigação e nutrição de pimenteira-do-reino cultivada em tutor vivo (gliricídia). Considerando-se que a gliricídia atua na fixação de nitrogênio por ser uma leguminosa, torna-se interessante verificar quanto essa planta colabora a nível nutricional para o cultivo da pimenteira-do-reino, quanto atua fixando carbono do meio ambiente e quais são os impactos do uso dessa tecnologia para o meio ambiente.
- 4) Investir na identificação de compostos orgânicos e óleos essenciais, visando à obtenção de bioproduto que atue no combate à fusariose, por ser esta a doença que ocasiona morte maciça dos pimentais após manifestação dos sintomas na planta.
- 5) Investir em estudos utilizando sistemas agroflorestais para que o agricultor familiar já comece a ter lucros desde o primeiro ano de produção, compensando a necessidade dos 3 anos para alcançar a produção ideal da pimenteira-do-reino em gliricídia, o que também servirá como base para facilitar o financiamento da instalação de novos pimentais no Pará por agências de fomento.
- 6) Considerando que a média de produção é de cerca de 2 mil quilogramas por hectare, com cerca de pouco mais de 1 kg por planta, elevar a produção para 3 kg por planta a 3,5 kg por planta, investindo na obtenção de novos materiais genéticos mais produtivos, via hibridação intraespecífica e continuidade nas tentativas para obtenção de híbridos interespecíficos utilizando piperáceas nativas. Além disso, considerando que foram identificados materiais genéticos diferentes e/ou remanescentes de áreas antigas de cultivo no estado do Pará, atuar em coletas para verificar a possibilidade de uso no programa de melhoramento da espécie e tentar identificar cultivares com idade bastante avançada (mais de 15 anos) no campo, ainda

vigorosas e produtivas, para verificação de carga viral e possibilidade de multiplicação e revitalização das cultivares pela reintrodução para comercialização por viveiristas no estado.

- 7) Considerando a dificuldade para discriminação das cultivares de pimenteira-do-reino por causa da estreita base genética entre os materiais, o que reflete na semelhança morfológica entre as cultivares e na ausência de resistência a doenças, identificar marcadores moleculares e genes de interesse que discriminem os materiais convencionais em estágio de mudas e no campo; auxiliem viveiristas e produtores; e sirvam de suporte para avançar no programa de melhoramento da espécie.
- 8) Por conta da legislação com relação à obtenção de madeira de lei e do encarecimento dos estacões para uso no sistema de cultivo tradicional em tutor morto, verificar alternativas de uso de outros tutores vivos que possam ser utilizados principalmente por agricultores familiares.
- 9) Como as viroses foram consideradas, no momento desta análise, as doenças que mais prejudicam o desenvolvimento e a produção da pimenta-do-reino no campo, tornam-se interessantes investimentos científicos nessa área para limpeza viral e métodos rápidos e eficientes para detecção dos vírus; e também criar alternativas de controle da disseminação que minimizem os danos provocados por doenças.
- 10) Estabelecer ações de transferência de tecnologia envolvendo instalações de Unidade de Aprendizagem Tecnológica (UAT) e/ou outras formas que envolvam o produtor desde o início do processo de implantação no campo, incentivando-o à participação, condução e acompanhamento dessas unidades, pois dessa forma, juntamente com a divulgação e ampliação do conhecimento, será possível elevar a taxa de adoção e conscientização sobre boas práticas agrícolas (BPA) em pimenteira-do-reino. Nessas ações, envolver os sindicatos e extensionistas rurais das regiões, por apresentarem capilaridade e confiabilidade aos produtores. Participar de eventos, simpósios e feiras agropecuárias, como instrumentos e estratégias para a socialização e compartilhamento mais efetivo das tecnologias geradas para o desenvolvimento sustentável da pimenteira-do-reino no Brasil.

Referências

- ALBUQUERQUE, F. C. de; CONDURÚ, J. M. P. **Cultura da pimenta-do-reino na região amazônica**. Belém, PA: IPEAN, 1971. 149 p. (IPEAN. Fitotecnia, v. 2, n. 3).
- ALBUQUERQUE, F. C. de; DUARTE, M. de L. R.; BENCHIMOL, R. L.; ENDO, T. Resistência de piperáceas nativas da Amazônia à infecção causada por *Nectria haematococca* f. sp. *piperis*. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 3, p. 341-348, 2001.
- ALBUQUERQUE, F. C. de; DUARTE, M. de L. R. Pimenta-do-reino e suas doenças na Região Amazônica. **Correio Agrícola**, v. 2/3, p. 114-119, 1977.
- ALBUQUERQUE, F. C. de; DUARTE, M. de L. R. **Comportamento de cultivares de pimenta-do-reino, em área de ocorrência de fusariose no Estado do Pará**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1991. 40 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 59).
- ALBUQUERQUE, F. C. de; DUARTE, M. de L. R.; STEIN, R. L. B.; ENDO, T. **Reação de espécies de Piper a dois isolados de *Nectria haematococca* f. sp. *piperis***. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999a. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 7).
- ALBUQUERQUE, F. C.; TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S.; DUARTE, M. L. R.; BRIOSO, P. S. T.; REZENDE, J. A. M.; KITAJIMA, E. W. Evidências preliminares da ocorrência do vírus do mosqueado da pimenteira-do-reino (*Piper yellow mottle virus*-PYMoV) no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 25, n. 1, p. 36, 1999a.
- BENCHIMOL, R. L.; CHU, E. Y.; MUTO, B. Y.; DIAS-FILHO, M. B. Controle da fusariose em plantas de pimenta-do-reino com bactérias endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1343-1348, jul. 2000.
- BENCHIMOL, R. L.; SUTTON, J. C.; DIAS-FILHO, M. B. Potencialidade da casca de caranguejo na redução da incidência de fusariose e na promoção do crescimento de mudas de pimenteira-do-reino. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 180-184, mar./abr. 2006.
- BOARI, A. J. **Avaliação do banco ativo de germoplasma de pimenteira-do-reino quanto a virose e elaboração de estratégia de controle**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 22 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 343).
- BOARI, A. J.; OLIVEIRA, A. C. S.; PANTOJA, K. F. C.; TREMACOLDI, C. R.; SOUZA, C. A.; SOUSA, C. M. 2009. Avaliação do banco de germoplasma de pimenteira-do-reino quanto à presença de *Piper yellow mottle virus*. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 35., 2012, Jaguariúna. **Anais...** São Pedro, SP: SPF, 2009. p. 35.
- BRIOSO, P. S. T.; POZZER, L.; SILVA, S.; KITAJIMA, E. W.; POLTRONIERI, L. S.; DUARTE, M. L. R. Amplificação de fragmento específico do PYMV a partir de pimenta do reino. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 438, ago. 2000. Suplemento. Edição dos Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Belém, PA, 2000.
- DASGUPTA, A.; DATTA, P. C. Cytotaxonomy of Piperaceae. **Cytologia**, v. 41, n. 3-4, p. 697-706, 1976.
- DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, F. C. Eficiência de diferentes fungicidas no tratamento de estacas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) infectadas por *Nectria haematococca* (*Fusarium solani* f. sp. *piperis*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 169-175, jun. 1980.

- DUARTE, M. de L. R.; ALBUQUERQUE, F. C. de. Doenças da cultura da pimenta-do-reino. In: DUARTE, M. de L. R. (Ed.). **Doenças de plantas no trópico úmido**. I. Plantas industriais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. p. 159-208.
- DUARTE, M. de L. R.; ALBUQUERQUE, F. C. de; POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; KITAJIMA, E. W.; BRIOSO, P. S. T. **Mosqueado amarelo da pimenta-do-reino**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 20 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 62).
- GORDO, S. M. C.; PINHEIRO, D. G.; MOREIRA, E. C. O.; RODRIGUES, S. M.; POLTRONIERI, M. C.; LEMOS, O. F.; SILVA, I. T. da; RAMOS, R. T. J.; SILVA, A.; SCHNEIDER, H.; SILVA JUNIOR, W. A.; SAMPAIO, I.; DARNET, S. High-throughput sequencing of black pepper root transcriptome. **BMC Plant Biology**, v. 12, n. 168, 2012.
- HOMMA, A. K. O. **Oferta e demanda de pimenta-do-reino a nível mundial: perspectivas para o Brasil**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1981. 29 p. (EMBRAPA-CPATU. Miscelânea, 8).
- JOHANSEN, D. A. The chromosomes of *Piper subpeltatum*. **American Journal of Botany**, v. 18, n. 2, p. 134-135, 1931.
- JOSEPH, B.; JOSEPH, D.; PHILIP, V. J. Plant regeneration from somatic embryos in black pepper. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 47, n. 1, p. 87-90, Feb. 1996.
- KARSI, A.; CAO, P.; LI, P.; PATTERSON, A.; KOCABAS, A.; FENG, J.; JU, Z.; MICKETT, K. D.; LIU, Z. Transcriptome analysis of channel catfish (*Ictalurus punctatus*): initial analysis of gene expression and microsatellite-containing cPNAs in the skin. **Gene**, v. 285, n. 1-2, p. 157-168, Feb. 2002.
- KATO, A. K.; UCHIDA, M.; MENEZES, A. J. E. A.; OGATA, T.; ALBUQUERQUE, F. C.; HAMADA, M.; DUARTE, M. L. R. Utilização de tutores vivos na cultura da pimenta-do-reino. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: JICA, 1997. p. 435-440. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 89).
- LEITE, D. R. R. **Cultivo de meristema para limpeza clonal e micropropagação de cultivares de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.
- LEMOS, O. F. de. **Mutagênese e tecnologia in vitro no melhoramento genético da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. 2003. 159 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- LEMOS, O. F. de; POLTRONIERI, M. C.; MENEZES, I. C. de; LAMEIRA, O. A.; DUARTE, M. de L. R. **Cultivo in vitro de Embrião de pimenta-do-reino para produção de híbridos**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1998. 3 p. (EMBRAPA-CPATU. Pesquisa em andamento, 208).
- LEMOS, O. L. de; TREMACOLDI, C. R.; POLTRONIERI, M. C. (Ed.). **Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 52 p.
- LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA (LSPA): Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 30, n. 1, jan. 2017. 81 p.

LUZ, S. F. M. da; REIS, L. de A.; LEMOS, O. F. de; MAIA, J. G. S.; MELLO, A. H. de; RAMOS, A. R.; SILVA, J. K. R. da. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the essential oil composition and antioxidant activity of black pepper (*Piper nigrum* L.). **International Journal of Applied Research in Natural Products**, v. 9, n. 3, p. 10-17, 2016.

LUZ, S. F. M. da; YAMAGUCHI, L. F.; KATO, M. J.; LEMOS, O. F. de; XAVIER, L. P.; MAIA, J. G. S.; RAMOS, A. de R.; SETZER, W. N.; SILVA, J. K. do R. da. Secondary metabolic profiles of two cultivars of *Piper nigrum* (Black Pepper) resulting from infection by *Fusarium solani* f. sp. *piperis*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 12, 2434, 2017.

MATHEW, P. M. Karyomorphological studies on *Piper nigrum*. **Journal of Plantation Crops**, v. 4, p. 15-18, 1974. Supplement.

MATHEW, P. J.; MATHEW, P. M.; KUMAR, V. Graph clustering of *Piper nigrum* L. (black pepper). **Euphytica**, v. 118, n. 3, p. 257-264, Apr. 2001.

MEIRELES, E. N.; XAVIER, L. P.; RAMOS, A. R.; MAIA, J. G. S.; SETZER, W. N.; SILVA, J. K. do R. da. Phenylpropanoids produced by *Piper divaricatum*, a resistant species to infection by *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, the pathogenic agent of Fusariosis in Black Pepper. **Journal of Plant Pathology & Microbiology**, v. 7, n. 2, 2016.

MENDONÇA, D. P.; LEMOS, O. F. de; RAMOS, G. K. S.; SILVA, F. B. B. da. Controle da oxidação de meristema de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) em cultivo in vitro sob baixas temperaturas. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 21., 2017, Belém, PA. **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017.

MENEZES, I. C. de. **Morfogênese in vitro em tecido somático de pimenta-do-reino *Piper nigrum* L.** 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

MENEZES, C.; CIDADE, F. W.; SOUZA, A. P.; SAMPAIO, I. C. Isolation and characterization of microsatellite loci in the black pepper, *Piper nigrum* L. (piperaceae). Technical note. **Conservation Genetics Resources**, v. 1, n. 1, p. 209-212, Dec. 2009.

MENEZES, A. J. E. A. de; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. **Gliricídia como tutor vivo para pimenteira-do-reino**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 31 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 393).

MOREIRA, E. C. O.; PINHEIRO, D. G.; GORDO, S. M. C.; RODRIGUES, S. de M.; PESSOA, E.; SCHALLER, H.; LEMOS, O. F. de; SILVA, A.; SCHNEIDER, H.; SILVA, W. A.; SAMPAIO, I.; DARNET, S. Transcriptional profiling by RNA sequencing of black pepper (*Piper nigrum* L.) roots infected by *Fusarium solani* f. sp. *piperis*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 10, p. 1-9, Oct. 2017.

NAIR, R. R.; DUTTA GUPTA, S. High-frequency plant regeneration through cyclic secondary somatic embryogenesis in black pepper (*Piper nigrum* L.). **Plant Cell Reporters**, v. 24, n. 12, p. 699-707, Jan. 2006.

NAIR, R. R.; DUTTA GUPTA, S. Somatic embryogenesis and plant regeneration in black pepper (*Piper nigrum* L.): I. Direct somatic embryogenesis from tissues of germinating seeds and ontogeny of somatic embryos. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 78, n. 3, p. 416-421, 2003.

NAMBIAR, P. K. V.; PILLAY, V. S.; SASIKUMARAN, S.; CHANDY, K. C. Pepper research at panniyur: a resume. **Journal of Plantation Crops**, v. 6, n. 1, p. 4-11, 1978.

OLIVEIRA, A. C. S.; BOARI, A. de J.; SOUSA, C. M. de; PANTOJA, K. de F. C.; SOUZA, C. do A. Detecção de *Piper yellow mottle virus* da pimenteira do reino nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Amazonas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. S952-S956, jul. 2010. Suplemento. Edição dos anais do 50º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari.

PEPPERTRADE – Brasil. **PEPPERTRADE – Brasil**. Disponível em: <<http://www.peppertrade.com.br/>>. Acesso em: 21 jul. 2009.

PHILIP, V. L.; JOSEPH, D.; TRIGGS, G. S.; DICKINSON, N. M. Micropropagation of black pepper (*Piper nigrum* Linn.), through shoot tip culture. **Plant Cell Reports**, v. 12, n. 1, p. 42-44, Dec. 1992.

POLTRONIERI, M. C.; ALBUQUERQUE, F. C. de; OLIVEIRA, M. R. C. de. Retrospectivas, avanços e perspectivas no melhoramento genético de pimenta-do-reino visando resistência à fusariose. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 246-248, 2000. Suplemento. Anais do 33º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2000, Belém, PA.

POLTRONIERI, M. C.; ALBUQUERQUE, F. C. de; POLTRONIERI, L. S. **Melhoramento genético da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1998. 2 p. (EMBRAPA-CPATU. Pesquisa em andamento, 179).

POLTRONIERI, M. C.; ALBUQUERQUE, F. C.; POLTRONIERI, L. S. Obtenção de híbridos em pimenta-do-reino e avaliação em relação a fusariose. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: JICA, 1997. p. 417-421.

PUGA, N. T.; NASS, L. L.; AZEVEDO, J. L. de. **Glossário de biotecnologia vegetal**. São Paulo: Manole, 1991. 87 p.

RAMOS, G. K. S. **Comportamento de dois genótipos de pimenteira-do-reino livres do vírus PYMoV na micropropagação**. 2017. 47 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Aplicada a Agropecuária) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

RODRIGUES, S. de M.; POLTRONIERI, M. C.; LEMOS, O. F. de. Comportamento de genótipos de pimenteira-do-reino cultivados em dois tipos de tutores. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 197-205, 2017.

SANTANA, A. C. de; SOUZA, R. F.; ALENCAR, M. I. R. de; COSTA, R. M. Q. da; MATTAR, P. N.; PINTO, W. S. **O comportamento do mercado de pimenta-do-reino no Brasil e no mundo**. Belém, PA: BASA: FCAP, 1995. 32 p. (BASA/FCAP. Estudos setoriais, 2).

SANTOS, L. R. R. dos; LEMOS, O. F. de; MONDIN, M.; MENEZES, I. C. de; RODRIGUES, S. de M. Preparações citológicas de cultivares de pimenteira-do-reino para análise cromossômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 3., 2014, Santos. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2014.

SANTOS, L. R. R. dos; LEMOS, O. F. de; RODRIGUES, S. de M.; MONDIN, M. Quantidade de DNA nuclear de genótipos do gênero *Piper*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 3., 2015, Belém, PA. **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. p. 331-334.

SANTOS, L. R. R. dos. **Aspectos citogenéticos de espécies do gênero *Piper* de interesse ao melhoramento genético**. 2017. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia: Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

SCHNEIDER, A. W. **Dados gerais sobre as cultura de malva, pimenta-do-reino e mandioca no Estado do Pará**. Belém, PA: ACAR-PARÁ, 1972. 41 p.

SHARMA, A. K.; BHATTACHARYYA, N. K. Chromosome studies on two genera of the family piperaceae. **Genetica**, v. 29, n. 1, p. 256-289, Dec. 1959.

SILVA, J. K. R. da; SILVA, J. G. A.; NASCIMENTO, S. B.; LUZ, S. F. M. da; MEIRELES, E. N.; ALVES, C. N.; RAMOS, A. R.; MAIA, J. G. S. Antifungal activity and computational study of constituents from *Piper divaricatum* essential oil against *Fusarium* infection in black pepper. **Molecules**, v. 19, n. 11, p. 17926-17942, Nov. 2014.

WU, B. D.; FAN, R.; HU, L. S.; WU, H. S.; HAO, C. Y. Genetic diversity in the germplasm of black pepper determined by EST-SSR markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 1, Mar. 2016.

Anexo 1. Glossário

Banco Ativo de Germoplasma (BAG): é a estrutura física onde são conservadas as coleções de germoplasma na forma de células, sementes ou plantas (Puga et al., 1991), sendo consideradas unidades conservadoras de material genético de uso imediato ou com potencial de uso futuro, onde não ocorre o descarte de acessos. É uma alternativa de conservação da biodiversidade, mantidas em condições naturais.

Base genética: é o ponto de referência usado para avaliar o mérito genético para uma característica, sendo formado pelo conjunto de indivíduos que representam uma determinada coleção de trabalho para a avaliação genética.

Células aneussomáticas ou **aneuploidia meiótica:** são alterações cromossômicas numéricas que se caracterizam pelo aumento ou diminuição de um tipo de cromossomo.

Citogenética: é o campo da genética que estuda os cromossomos, sua estrutura, composição e papel na evolução e no desenvolvimento de doenças.

Clonagem in vitro: conhecida como micropropagação, é uma técnica que consiste na obtenção de indivíduos idênticos à planta-mãe, pela qual são gerados indivíduos geneticamente idênticos a partir de células ou fragmentos de uma determinada planta matriz em tubos de ensaios, em condições controladas de laboratório.

Clone vegetal: consiste na obtenção de um novo indivíduo idêntico à planta matriz, por meio de reprodução assexuada de células ou tecidos da planta.

Cochonilha: são pequenos insetos parasitas conhecidos por atacarem plantações causando muitas perdas agrícolas. São encontrados em aglomerações nas folhas, frutos, ramos e raízes das mais diversas plantas. As espécies variam em tamanho, formato e coloração. Podem ter o corpo coberto por flocos brancos e aspecto farinhento, como também podem ser cerosas, de colorações variadas (laranja, verde, vermelho, marrom, etc.). Há espécies com formato semelhante a conchas de ostra, bolinhas, escamas, entre outros.

Comitê gestor: é um colegiado constituído por membros responsáveis por auxiliar na gestão de uma determinada área, compartilhando informações, atuando na articulação e sendo capaz de realizar uma análise crítica mais ampla e participativa para questões relevantes sobre o assunto, envolvendo pessoas com distintas experiências e pontos de vista para melhorar a avaliação de processos, direcionando à elaboração de propostas de ação mais eficazes, por meio do monitoramento e planejamento estratégico das ações.

Cucumber mosaic virus (CMV): é um vírus fitopatogênico de RNA que possui distribuição mundial e uma ampla gama de hospedeiros. Ele pode ser transmitido de planta a planta mecanicamente pela seiva e por pulgões. Também pode ser transmitido por sementes. Em pimenteira-do-reino, os sintomas causados pelo CMV variam conforme a cultivar mas, geralmente, são clorose, mosaico, mosqueado deformação, espessamento e bolhosidade foliar, folhagem esparsas, enfezamento da planta, espigas curtas e falhadas, e, conseqüentemente, queda de produção. Também é possível observar a ocorrência de ramos assintomáticos.

Cultivar: são as variedades cultivadas de uma planta, em oposição às variedades “selvagens” da mesma planta que surgem na natureza. Distinguem-se das outras variedades da mesma espécie de planta por sua homogeneidade, estabilidade e novidade.

Cultura de tecidos vegetais: é uma técnica que estuda a cultura de células, tecidos e órgãos vegetais, em que pequenos fragmentos de tecido vivo são isolados do organismo vegetal, desinfestados e cultivados em condições assépticas e controladas de meio de cultura, luminosidade e temperatura. Dentre os principais objetivos está a obtenção de uma nova planta idêntica à planta original, ou seja, realizar uma clonagem vegetal.

DNA Barcode: também conhecidos como códigos de barra de DNA, que consiste no uso de uma sequência de DNA padrão como uma “etiqueta” para proporcionar a identificação das espécies. O grande objetivo é fornecer um método rápido e preciso para identificação das espécies utilizando regiões do DNA padronizadas.

Esporulação: é o processo pelo qual alguns gêneros de bactérias e fungos formam esporos, possuindo a função de tornar as bactérias mais resistentes ou pela disseminação dos fungos.

Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): é um tipo de fungo que penetra as células corticais das raízes de uma planta vascular.

Fusariose: são doenças causadas por espécies de fungos do gênero *Fusarium*, que atacam várias culturas, caracterizando-se pelo amarelecimento e murchamento da planta. No caso da pimenteira-do-reino, a espécie *Fusarium solani* sp. *piperis* (*Nectria haematococca* Berk & Br. f. sp. *piperis* Albuquerque) é responsável por causar uma das principais doenças da cultura, reduzindo a vida útil de uma lavoura de 12 anos para 5 anos ou 6 anos.

Genes de PRs (proteínas relacionadas à patogênese): são proteínas relacionadas à defesa das plantas contra doenças, pragas e fatores ambientais.

Genes: é um segmento de uma molécula de DNA responsável pelas características herdadas geneticamente.

Genomas: é a sequência completa de DNA (ácido desoxirribonucleico) de um organismo, ou seja, o conjunto de todos os genes de um ser vivo.

Genotipagem: é o processo pelo qual identificamos pequenas regiões do DNA denominadas “marcadores”, que variam de indivíduo para indivíduo.

Genótipos: representa os genes responsáveis por uma característica em particular, ou seja, é a constituição genética de um organismo herdada. O genótipo é essencialmente uma característica fixa de um organismo, fica constante durante toda a vida e não é mudado por fatores do ambiente.

Hibridação intraespecífica: é o cruzamento genético natural ou artificial envolvendo indivíduos da mesma espécie.

Hibridação interespecífica: é o cruzamento genético natural ou artificial envolvendo indivíduos de espécies diferentes.

Híbridos: é o resultado do cruzamento entre duas espécies diferentes, ou entre duas linhagens puras de uma mesma espécie, resultando numa

planta com traços de ambas as variedades. Geralmente são plantas maiores e produzem sementes ou frutos maiores, ou têm alguma característica desejável ou melhorada possuída por um dos pais.

Koleroga noxia: fungo causador da doença conhecida como queima do fio. A sintomatologia típica dessa doença é a formação de cordão micelial (aglomerado de hifas do fungo), a partir das raízes adventícias das hastes, que caminha em direção às folhas, inicialmente branco/prateado e, depois, escuro. Ao atingir folhas e espigas, o cordão se ramifica em forma de teia, cobrindo a superfície das mesmas, que endurecem, soltam-se dos ramos e ficam penduradas pelo fio micelial.

Limpeza clonal: é o processo pelo qual se consegue obter plantas livres de vírus a partir de plantas infectadas. É necessária sua utilização sempre que não se dispõe de nenhuma planta sadia de uma determinada cultivar.

Marcadores microssatélites (SSR): são marcadores moleculares constituídos por unidades de repetição de pares de bases do DNA (AT, GC), utilizados como marcador genético em estudos de parentesco. Consistem na repetição em sequências de 1 a 4 nucleotídeos de comprimento.

Marcadores moleculares: são sequências de DNA que revelam polimorfismos (diferenças) entre indivíduos geneticamente relacionados. São utilizados em investigações genéticas com diversas finalidades, como, por exemplo, na identificação de clones, linhagens, híbridos, cultivares, paternidade, estimativas de diversidade, fluxo gênico, taxa de cruzamento, parentesco e na construção de mapas genéticos, independente do estágio da vida do organismo.

Melhoramento genético de plantas: é ciência que se dedica ao desenvolvimento de novas cultivares de plantas para cultivo pelos produtores rurais e empresas agrícolas, tornando esses novos materiais vegetais mais úteis ao homem por aumentar sua eficiência em campo.

Partenogênese: desenvolvimento de um ser vivo a partir de um óvulo não fecundado

Patógeno: é todo elemento ou meio capaz de produzir algum tipo de doença ou danos ao corpo de um animal, um ser humano ou um vegetal. Podem ser bactérias, vírus, protozoários, fungos ou helmintos.

PCR (Polymerase Chain Reaction): é uma técnica usada para amplificar milhares de vezes uma região específica da molécula de DNA, para fins diagnósticos.

***Piper yellow mottle virus (PYMoV)*:** é um vírus fitopatogênico de DNA de fita dupla transmitido principalmente por cochonilhas. Em pimenteira-do-reino os sintomas causados por estes vírus são deformação foliar, mosqueado, mosaico, clareamento das nervuras, manchas cloróticas e redução da produção de frutos.

Polinização aberta: é a polinização por insetos, pássaros, vento ou outros mecanismos naturais. As sementes de plantas de polinização aberta irão produzir novas gerações dessas plantas, podendo resultar ou não em plantas que variam muito em traços genéticos.

Polinização artificial: é a polinização manual realizada pelo homem, direcionando as combinações possíveis entre os parentais.

Portfólio: consiste na coleção de todo o trabalho já realizado e em andamento relacionado ao alcance de determinados objetivos para a demonstração de produções, pesquisas e avaliações do andamento das ações realizadas em um determinado tema.

Reprodução assexuada: é um tipo de reprodução que ocorre sem a troca de material genético. Existe um único organismo doador e os seres originados desse tipo de reprodução são geneticamente iguais ao organismo que os originou, sendo denominados **clones**. Um exemplo de reprodução assexuada em plantas pode ser a clonagem via propagação por estacas.

***Salmonella*:** é um gênero de bactérias vulgarmente chamado de salmonelas. As doenças causadas por salmonela e transmitidas por alimentos são consideradas um dos problemas mais alarmantes de Saúde Pública em todo mundo.

Sustentabilidade: define ações e atividades humanas que tenham como objetivo suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer

o futuro das próximas gerações, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro.

Thricoderma: é um gênero de fungo presente em todos os solos, são decompositores de madeira e material herbáceo e, com frequência, constituem o maior componente da microflora de vários ecossistemas (pastagem, áreas agrícolas, florestas, desertos). Muitas espécies deste gênero podem ser caracterizadas como simbioses de plantas avirulentas oportunistas.

Variabilidade genética: são as diferenças no material genético dos indivíduos de uma determinada população. Essa variabilidade é o que determina o conjunto de características morfológicas e fisiológicas de um indivíduo, o que o torna capaz de responder às mudanças ambientais.

Vigor híbrido: também chamado de heterose, é um fenômeno pelo qual os filhos provenientes de cruzamentos apresentam melhor desempenho do que a média dos pais.

Vírus: é um agente biológico microscópico que se reproduz dentro de células de hospedeiros, obrigando essa célula a fabricar milhares de cópias idênticas ao vírus original. Ao contrário da maioria dos seres vivos, vírus não têm células que se dividem; novos vírus são montados na célula hospedeira infectada.



Amazônia Oriental

